

无线充电相关原理的深层次解析

随着便携式媒体播放器、智慧手机和平板电脑等电池供电的消费性电子设备的不断普及，导致家到处充斥着大量不同的充电器和成捆的缆线。以无线方式给设备充电的概念即没有任何直连线的连接已经推出一段时间了，现在正迅速提起人们的兴趣，使之更加灵活和更加有用。不过目前有哪些不同的技术、工程师需要应付的设计挑战又有哪些呢？

由于无需使用充缆缆线，给消费设备进行无线充电有许多吸引人的地方。也许应该说得更明白点，无线充电的目的是透过不同于有线或连接器等的创新方式提供给设备电池充电的新途径。

无线充电方式在诸如电动牙刷等许多消费设备中已经非常流行，其中最主要的一种方法是基于麦克斯韦定律的感测方法，即来自某个线圈的磁场变化会在另外一个与之耦合的线圈中产生电流。虽然使用磁场的感测方法适合类似上述这样的许多小设备，但在平板电脑和智慧手机等更加现代的消费电子设备中使用这种方法面临着诸多工程设计挑战。

随着馈送给电池的功率的增加，相对效率或摆放耦合线圈的灵活性要求也会提高。这种感测方法的主要考虑因素是如何控制产生或‘发送’能量并使用感测磁场传送给‘接收’设备的讯号所产生的电磁干扰（EMI）。接收设备随后将磁场能量转换为电能再给电池充电。Wi-Fi、蓝牙、近场通讯（NFC）、蜂巢式系统和调频广播是众多无线语音和数据连接方法中的一些例子，它们可能都会受到这种电磁场的干扰。

当然，另外一个考虑因素是使功率传输效率尽可能高，即使在更高功率电平和更宽摆放误差等挑战约束条件下。在过去几年中，业界对于如何实现感测充电技术提出了许多新的想法，但规避 EMI 影响的进展不像期望的那样顺利，因为达到 EMI 相容需要付出艰巨的努力。

最近这方面的挑战得到了进一步发展，这得感谢无线充电联盟（WPC）的不懈努力。WPC 是美国消费电子（CEA）组织的一项行动计划，目的是鼓励进一步研究开发，使无线充电更加引人注目，因而得到更大消费群体的青睐。

感测方法的另外一个众所周知的约束条件是需要精确地配对充电器和被充设备，这可以用电动牙刷例子来很好地描述。充电器基板上有一个小塔，从放置待充电牙刷的基板上升出来。使用这种方法可以使两个线圈完美匹配，以确保磁能的传输。任何稍微的不对齐都会完全丢失功率传输能力。在使用诸如智慧手机或平板电脑等要求稍大功率电平的其它设备时，这种使用方法显然很不方便。最后，存在如何解决电热损失的问题。充电器功率越高，热量损失越大。这对温度高度感测的锂离子电池来说更是个问题，很可能会在今天外形高度紧密的消费电子设计中产生元件应力。

使用电容器架构是可以代替磁场无线充电的另外一种无线充电方法，这种方法的基本原理类似于电场的麦克斯韦定律。这种概念已经被村田公司采纳，并被广泛导入新的设计。该公司的做法是使用准静电电场并透过电容器传输能量，这种电容器则是由属于实体上分开的元件的两个电极组成。将这两个元件彼此靠近就能形成一个电容器阵列，并用来传输能量。图 1a 显示了这种方法的基本原理。

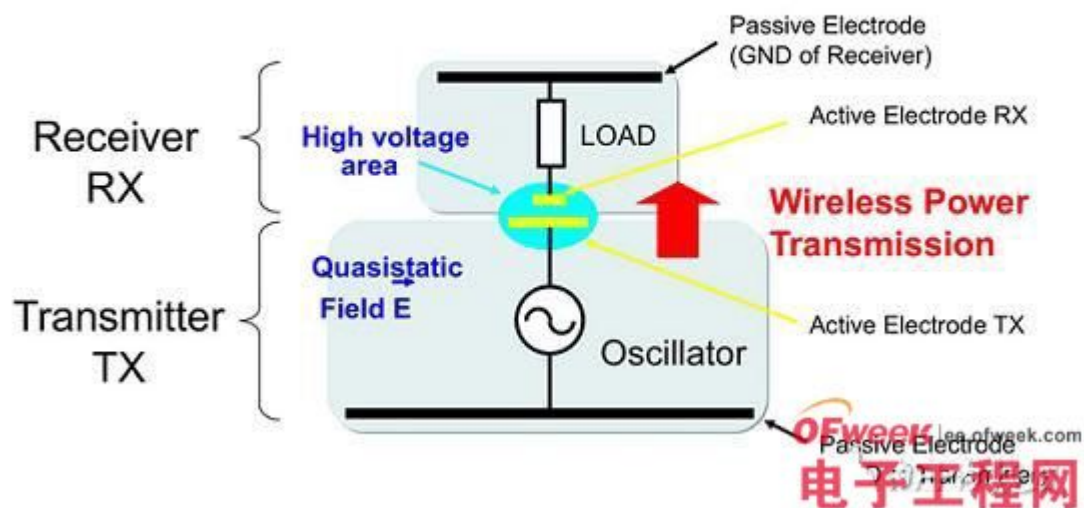
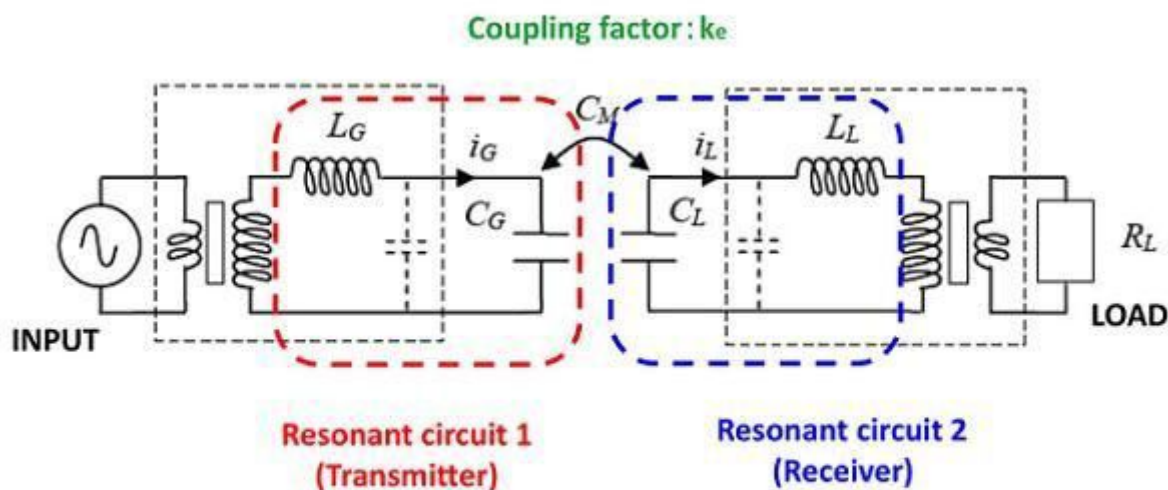


图 1a: 无线功率传输中发送器—接收器对原理。



C_G , C_L , C_M to be appropriately designed into configuration.
Operating Frequency can be chosen among 10 μ Hz ~ 2MHz.

图 1b: 图 1a 所示发送器—接收器对的等效电路。

使用两组电极或极板就可以透过静电感测实现能量的传输。充电器或‘发送器’和可携式设备或‘接收器’用来有效地在组成电容器的合适尺寸金属表面间实现纵向的準静电耦合。其中驱动电极或主动电极要比另外一个电极小，上面施加的电压较高，另外一个电极则是被动电极，尺寸较长，上面的电压较低。当然正常情况下，电容器传输的能量是很小的，这与电极面积小有很大的关系。因此，为了满足给消费设备充电所需的功率水准（例如从 5W 至 25W），需要增加电极尺寸和耦合的电压值，具体取决于实际的配置。

图 2a 显示了采用电容器传输能量的充电器方法例子架构图，其中使用的接收器和发送器模组是村田公司最近开发出的新产品。这种模组化方法允许工程师集中精力开发耦合区的电极设计，因而有助于快速开发出无线充电功能。透过静电方法传输的能量大小直接正比于所使用的频率。因此用更高的频率驱动电极对可以使设计处理更高的功率。然而，各个国家对所使用的频率和电场强度都有限制规定。实际上这种配置可以形成一种非常有效的天线结构，因此 EMI 因素通常会限制设计灵活性。为了实现耦合电极之间的无线收发、同时尽量减少对外的辐射量，需要进行正确地设计。因此需要进一步理解和确定正确的电极尺寸、它们的设计、工作电压、功率值、最佳工作频率和总的尺寸约束条件。一般情况下，理想的频率范围在 200kHz 至 1MHz 之间，有效耦合区的电压值在 800V 至 1.52kV 之间。

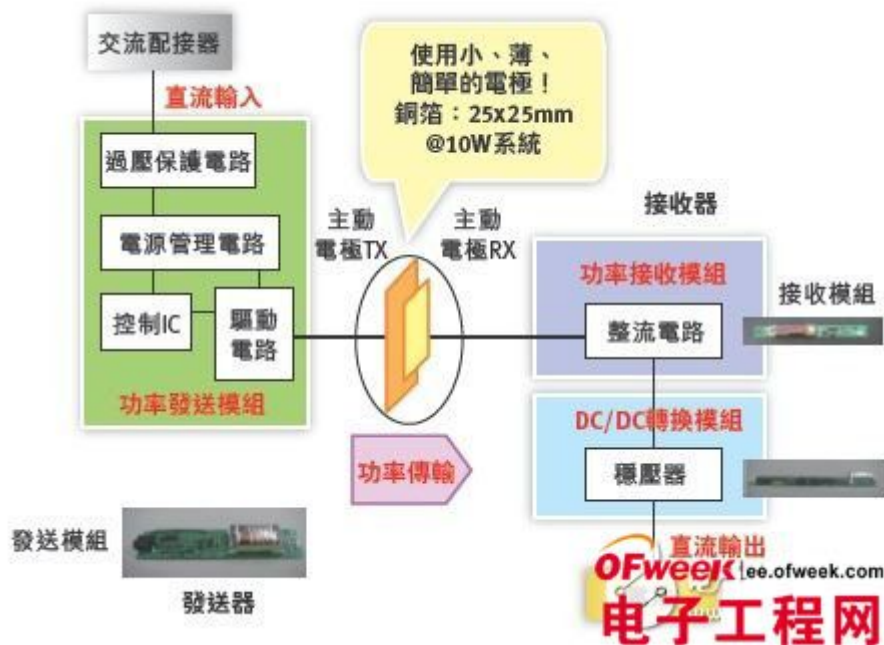


图 2a: 电容器传输充电器架构图。

图 2b 显示，对于一个满足 EMI 相容要求的 10W 充电器来说，发送至接收电容器耦合过程中存在电压步升和步降现象。采用模组化架构的设计概念允许装置製造商将模组作为黑盒子，因而方便发送器和接收器的整合。发送器设计覆盖到电源的链路、无线能量传输的控制以及根据位置灵活性目标对任何外形的主动耦合电极的控制。在接收器侧，电池介面决定了设计如何从主动耦合电极区域透过下变频模组正确地接收功率。由于可携式设备中使用的电池种类非常广泛，所以电路介面的標準化设计代表着向非常方便的设计迈出了一大步，同时也要考虑到更具挑战性的概念，比如更快的充电速度。主要得益于欧盟委员会持续施加的压力，微型 USB 5V 充电介面正成为欧洲所有行动手机的标准。

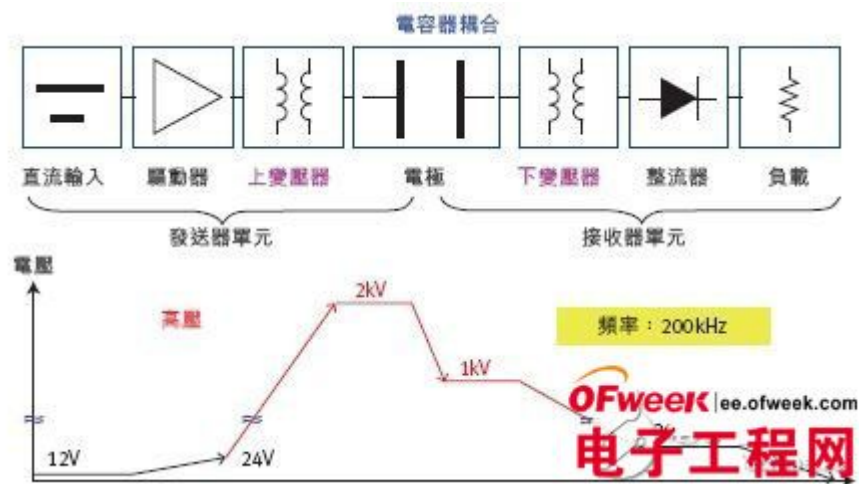


图 2b: 电压步升和步降是 10W 充电器中发送至接收电容器耦合过程的一部份。

与感测方法相较，使用準静电传输的关键优势之一是，待充设备在充电基座（或充电托盘）上的位置要求不是那么严格。透过 x-y（表面）方向的精心设计，当接收器远离发送源时，仍能保持高效率且曲线相对平坦的能量传输，对任何设计（即使是有线充电器）来说效率典型值为 80% 左右，因此具有非常高的位置容差性能，而 z（高度）仍然是最具挑战性的设计参数。

另外，使用扁平方形或矩形的桌面托盘或接近垂直的接续架子允许以任何方向摆放充电设备，不一定需要很精确。此外，由于主要的主动接收电极可以由简单的薄铜箔搭建（这种铜箔的厚度在几个微米数量级，嵌入在塑料覆盖材料中），因此将它整合进消费设备要比整合功率感测器简单得多。

如前所述，靠近电池的热量传递对感测方法来说是一个严重的问题。然而，作为电容器耦合配置中能量载体的电场不会有任何较大的电流。由于没有这种直流流动，因此耦合区不存在发热问题：所有阻性损耗整合在模组或驱动器电路中，耦合区一点都没有。因此装置製造商在将微型模组整合进装置中时具有更大的设计灵活性，同时在耦合设计、功率电平和想要达到的定位容差方面具有很大的设计自由度。

考虑到上述所有这些挑战因素，电容器耦合式无线能量传输可以实现更高的功率传输、更大的定位灵活性，还能满足 EMC 一致性要求，同时可以向製造商提

供更大的设计灵活性。总的来说，电容器耦合式无线能量传输将大幅鼓舞製造商整合以无线方式给可携式设备充电的功能。